

RS
#5
4-17.02

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 100 55 477.6

Anmeldetag: 9. November 2000

Anmelder/Inhaber: Siemens AG, München/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur frequenzbandabhängigen Aufteilung und Beeinflussung von Datensignalen eines WDM-Systems

IPC: H 04 J, H 04 B, H 04 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 30. Oktober 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Weihmayr

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur frequenzbandabhängigen Aufteilung und Beeinflussung von Datensignalen eines WDM-Systems

5

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur frequenzbandabhängigen Aufteilung und frequenzbandabhängigen Beeinflussung von Datensignalen eines WDM-Systems mit einer Vielzahl an bidirektional abwechselnd propagierenden Kanälen mit mindestens einem Frequenzband zwischen einer ersten und einer zweiten Seite.

15

20

25

Bei der optischen Nachrichtenübertragung in Glasfasern lassen sich mehrere Kanäle bei verschiedenen Wellenlängen parallel übermitteln. Diese Methode der Datenübertragung wird als WDM (wavelength division multiplexing) bezeichnet. Die dazu nutzbare Bandbreite ist im wesentlichen durch die Bandbreite der verfügbaren Faserverstärker vorgegeben. Derzeitig handelt es sich dabei vorwiegend um C- und L-Band Erbium-dotierte Faserverstärker (EDFA). Zur Erhöhung der auf einer Faser übertragbaren Datenrate bei gegebener Kanaldatenrate soll der Kanalabstand verringert werden. Bei der Verringerung des Kanalabstandes kommt es aufgrund von Nichtlinearitäten in der Glasfaser zu zunehmend stärkeren Wechselwirkungen zwischen den Kanälen, welche die Reichweite der Datenübertragung begrenzen.

30

WDM-Systeme lassen sich in uni- und bidirektionale Systeme aufteilen. Dabei breiten sich in einem unidirektionalen System alle Kanäle in einer Faser kodirektional aus, während in einem bidirektionalen System Kanalgruppen in einer Faser kontrapropagieren. Als Spezialfall breiten sich dabei benachbarte Kanäle jeweils kontradirektional zueinander aus. Diese

Betriebsart wird hier mit "bidirektional abwechselnd" (bidirectional interleaved) bezeichnet. Bezüglich Nichtlinearitäten ist hierbei der effektive Kanalabstand doppelt so groß wie der physikalische Kanalabstand. Hierdurch verringern sich die nichtlinearen Störungen. Die Betriebsart mit bidirektional abwechselnder Kanalbelegung bietet also diesbezüglich Vorteile.

Bei dieser Betriebsart mit bidirektional abwechselnder Kanalbelegung ist es bislang notwendig, einen Verstärker pro Richtung pro Band zu benutzen. Im Falle von Erbium-dotierten Faserverstärkern (EDFA) sind also 2 C-Band Verstärker und 2 L-Band Verstärker notwendig. Wird lediglich mit einem Frequenzband gearbeitet, so ist für jede Richtung ein Verstärker, also insgesamt 2 Verstärker, notwendig.

Da die Zahl der Verstärker oder allgemein die Zahl der gerichtet wirkenden Beeinflussungselemente der Datensignale einen wesentlichen Kostenfaktor bei der Realisierung einer Datenübertragungsstrecke darstellt, ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu finden, durch die eine Reduktion der Anzahl der Beeinflussungselemente gegenüber dem Stand der Technik bewirkt wird.

Diese Aufgabe wird durch die beiden unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Der Erfinder hat erkannt, daß es möglich ist, durch geschickte Ausnutzung der Kanalbelegung eines WDM-Systems und entsprechende systematische und richtungsabhängige Aufteilung der Datensignale auf die einzelnen Kanäle, zum Beispiel durch bidirektional abwechselnde Kanalbelegung, die Anzahl der notwendigen, richtungsorientierten Beeinflussungselemente, zum

Beispiel EDFA oder DCF, zu halbieren. Dabei werden die von zwei Seiten kommenden Signale zwischenzeitlich in eine Ausbreitungsrichtung ausgerichtet, mindestens einem Beeinflussungselement zugeführt und anschließend die Datensignale entsprechend den Kanälen entsprechend ihrer Belegung wieder in die beiden unterschiedlichen, ursprünglichen Ausbreitungsrichtungen weitergeleitet.

Vorteile dieser Erfindung sind die Reduktion der Zahl der Beeinflussungselemente, z.B. der Verstärker. Dadurch wird eine wesentliche Verringerung des Platzbedarfes erreicht, was sich besonders vorteilhaft an den Zwischenverstärkerstandorten entlang einer Datenübertragungsstrecke auswirkt. Es ergibt sich also der gleiche Platzbedarf wie bei unidirektionalem beziehungsweise bidirektionalem C/L-Band Betrieb bei besseren Leistungsmerkmalen. Außerdem verringert sich die Verstärkertypenvielfalt, da die gleichen Verstärker wie bei unidirektionalem/bidirektionalem C/L-Band Betrieb eingesetzt werden können.

Grundlage für die zentrale Idee der Erfindung ist die Ausnutzung aller Ein/Ausgänge (Ports) eines Interleavers (4 Ports, vorwiegend werden nur 3 Ports benutzt), die es erlaubt, gegenläufige Kanäle eines Bandes im gleichen Durchlaufsinne durch einen optischen Verstärker zu leiten. Solche Interleaver sind allgemein bekannt. Das Funktionsprinzip ist beispielsweise in "Ultra-low loss, temperature-intensive 16-channel 100-GHz dense wavelength division multiplexers based cascaded all-fiber unbalanced Mach-Zehnder structure", Chihung Huang, et al., Conference on Optical Fiber Communication, OSA Technical Digest Series (Optical Society of America, Washington, D.C.), 1999, Paper TuH2, pp.79-81. beschrieben. Der Offenbarungsgehalt dieser Schrift, bezüglich der Funkti-

onsweise eines Interleavers, wird hiermit vollinhaltlich in diese Anmeldung übernommen.

Weiter bietet diese Erfindung die Möglichkeit, bidirektional
5 abwechselnde Kanalbelegung ohne Bandfilter zu realisieren.
Das ist für 40Gb/s Datenraten wichtig, da Bandfilter Übertragungsprobleme bei diesen Datenraten haben können, die das 40Gb/s Signal nachhaltig beeinträchtigen können.

10 Entsprechend diesen oben geschilderten Erfindungsgedanken schlagen die Erfinder ein Verfahren zur frequenzbandabhängigen Aufteilung und frequenzbandabhängigen Beeinflussung von Datensignalen eines WDM-Systems mit einer Vielzahl an bidirektional abwechselnd propagierenden Kanälen mit mindestens
15 einem Frequenzband zwischen einer ersten und einer zweiten Seite vor, welches alle Datensignale der Kanäle eines bestimmten Frequenzbandes von der ersten und zweiten Seite kommend in gleicher Richtung durch einen einzigen jedem Frequenzband zugeordneten Zweig (I oder/und II)) mit mindestens
20 einem Beeinflussungsmittel leitet, wobei anschließend alle Datensignale entsprechend ihrer ursprünglichen Ausbreitungsrichtung zwischen der ersten und zweiten Seite weitergeführt werden.

25 Durch dieses Verfahren reduziert sich die Anzahl der benötigten Beeinflussungsmittel auf die Hälfte der im Stand der Technik benötigten Beeinflussungsmittel.

Die Beeinflussungsmittel können beispielsweise dazu dienen,
30 die Intensität der Datensignale zu verstärken und/oder die Dispersion eines Frequenzbandes zu kompensieren.

Erfindungsgemäß kann die Aufteilung der Datensignale mit Hilfe mindestens eines Interleavers mit mindestens vier Ein/Ausgängen erfolgen.

- 5 Werden die eingehenden Datensignale auf zwei Frequenzbändern übertragen, gibt der Interleaver benachbarte Kanäle eines Frequenzbandes am gleichen Ausgang aus, wobei die zu den Beeinflussungsmitteln geführten Datensignale frequenzbandabhängig auf zwei Zweige aufgeteilt und anschließend an den Durch-
- 10 gang durch die Beeinflussungsmittel wieder zusammengeführt werden.

Die Aufteilung der Datensignale auf die Zweige (I, II) kann mit Hilfe von Bandfiltern oder, wenn die beiden Bänder nach

15 dem Interleaver kontradirektional zueinander durchlaufen werden, mit Hilfe von Zirkulatoren erfolgen. Im Falle von Zirkulatoren trennt der Interleaver die Bänder vor den Beeinflussungsmitteln in zwei Richtungen und führt sie nach den Beeinflussungsmitteln wieder zusammen.

- 20 Weiterhin kann die Zusammenführung anschließend an den Durchgang durch die Beeinflussungsmittel mit Hilfe von Bandfiltern ausgeführt werden, wobei es egal ist, ob die Kanäle in den Bändern zueinander kodirektional oder kontradirektional lau-
- 25 fen.

Für die Zusammenführung der Datensignale anschließend an den Durchgang durch die Beeinflussungsmittel können auch Koppler verwendet werden, allerdings tritt hierdurch ein starker

30 Leistungsverlust auf.

Als Beispiel für ein erstes und zweites Frequenzband kann das C- und L-Band dienen. Allerdings ist zu bemerken, daß unter

dem Begriff Frequenzband in dieser Erfindung alle sich nicht überlappenden Frequenzintervalle zu verstehen sind.

Entsprechend dem Erfindungsgedanken schlägt der Erfinder neben dem Verfahren auch vor, eine optische Datenübertragungsstrecke mit einer Vorrichtung zur frequenzbandabhängigen Aufteilung und frequenzbandabhängigen Beeinflussung von Datensignalen eines WDM-Systems mit einer Vielzahl an bidirektional abwechselnd propagierenden Kanälen mit mindestens einem Frequenzband zwischen einer ersten und einer zweiten Seite, wobei je Frequenzband mindestens ein Zweig mit mindestens einem Beeinflussungsmittel vorgesehen ist, dahingehend zu verbessern, daß mindestens ein Interleaver, vorzugsweise genau ein Interleaver, und je Frequenzband genau ein Zweig mit mindestens einem Beeinflussungsmittel vorgesehen ist.

Das mindestens eine Beeinflussungsmittel kann ein, vorzugsweise mehrstufiger, Verstärker sein, der gegebenenfalls eine mit seltenen Erden, vorzugsweise mit Erbium, dotierte, Lichtleitfaser (EDFA) enthält. Außerdem kann ein Beeinflussungsmittel ein dispersionskompensierendes Mittel, vorzugsweise eine dispersionskompensierende Faser (DCF), enthalten.

Entsprechend dem Erfindungsgedanken, können mindestens zwei Frequenzbänder, vorzugsweise ein L-Band und ein C-Band, für die Übertragung der Datensignale vorgesehen sein.

Eine besondere Ausführung der optischen Datenübertragungsstrecke kann darin liegen, daß je Frequenzband ein Interleaver vorgesehen ist, wobei vor dem mindestens einen Interleaver ein Mittel zur frequenzbandabhängige Aufteilung der Datensignale, vorzugsweise mindestens ein Bandfilter, vorgesehen ist und die Interleaver zur Ausrichtung der Kanäle vor

und nach dem je einen Beeinflussungsmittel je Frequenzband dient.

5 Andererseits kann die optische Datenübertragungsstrecke auch vorsehen, daß für zwei Frequenzbänder genau ein Interleaver vorhanden ist, wobei nach dem Interleaver ein Mittel zur frequenzbandabhängige Aufteilung der Datensignale, vorzugsweise mindestens ein Zirkulator oder Bandfilter, angeordnet ist und wobei der Interleaver auch zur Ausrichtung der Kanäle dient.

10

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnungen.

15 Im folgenden wird die Erfindung anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen und Anwendungsfällen näher beschrieben. Es zeigen im Einzelnen:

Figur 1 Schematischer Aufbau eines Interleavers;

20 Figur 2a Skizze eines Inline-Verstärkers für C und L Band bei bidirektional gegenläufigem Betrieb mit Bandfilter;

Figur 2b Ausbreitungsrichtung der Kanäle im C und L-Band für bidirektional gegenläufige Betriebsart gemäß Figur 2a;

25 Figur 3 Bidirektional abwechselnder Betrieb, Verstärker gegenläufig betrieben mit Zirkulator.

Figur 4a Bidirektional gegenläufiger Betrieb, Verstärker werden gleichsinnig durchlaufen;

30 Figur 4b Wellenlängenplan zur Figur 4a;

Figur 5 Inlineverstärker für bidirektional abwechselnde Kanalbelegung mit getrennten Interleavern für C- und L-Band;

Figur 6 Terminalaufbau für bidirektional abwechselnde Kanalbelegung, Verstärker werden gegenläufig durchlaufen;

5 Figur 7 Terminalaufbau für bidirektional abwechselnde Kanalbelegung mit gegenläufig betriebenen Verstärkern wobei die Bandfilter durch Zirkulatoren ersetzt sind;

10 Figur 8 Erfindungsgemäßer Aufbau eines DCF Moduls (dispersion compensating fiber) mit Dispersionskompensation pro Band individuell für die in diesem Band nach links und rechts laufenden ("bar"/"cross" oder "gerade"/"ungerade") Kanäle;

Figur 9 Bidirektional abwechselnder Betrieb für nur ein Frequenzband;

15 Figur 10 Tabelle 1 mit Kanalbelegung für Figur 2b und Tabelle 2 mit Kanalbelegung für Figur 4b;

Figur 11 Stand der Technik einer Verstärkerzwischenstation für bidirektional abwechselnde Kanalbelegung mit je 2 Verstärkern pro Band.

20

Zum Verständnis der Erfindung wird im Folgenden zunächst die grundsätzliche Funktionsweise eines sogenannten Interleavers erklärt. Die Figur 1 zeigt einen solchen 1:2 Interleaver 17, der im folgenden Text nur noch als Interleaver bezeichnet wird, in einer schematischen Darstellung. Es handelt sich dabei um eine Komponente, die einen im Wellenlängenraum äquidistanten Kanalkamm (durchgezählt von 1 bis n, bzw. abwechselnd "cross" und "bar") in zwei Untergruppen, aus geraden und ungeraden Kanälen, aufteilen kann und umgekehrt.

30

Ein Kanal am Eingang 3 tritt, abhängig von seiner Wellenlänge, entweder "bar" am Ausgang 5 oder "cross" am Ausgang 6 aus. Entsprechend tritt auch ein Kanal am Eingang 4, abhängig

von seiner Wellenlänge, entweder "bar" am Ausgang 5 oder "cross" am Ausgang 6 aus. Abkürzend wird von "bar-" (Symbol: Kreis mit Punkt in der Mitte) oder "cross"-Kanälen beziehungsweise "states" (Symbol: Kreis mit Kreuz in der Mitte) gesprochen. Auf einer äquidistanten Wellenlängenskala sind die Kanäle abwechselnd "bar"- und "cross"-Kanäle. Voraussetzung für dieses oben dargestellte Verhalten ist allerdings die Einhaltung der vorgegebenen Konvention bei der Belegung der Kanäle. Des weiteren ist zu bemerken, daß der Interleaver nicht nur in der hier gezeigten Richtung von links nach rechts arbeitet, sondern auch in der Gegenrichtung funktioniert.

Bei einer Verwendung dieses Interleavers 17 in einer bidirektional abwechselnd belegten Datenübertragungsstrecke können nun die folgenden Fälle je Durchlaufrichtung unterschieden werden:

Durchlaufrichtung von links nach rechts:

- 20 Eingang eines geraden "bar state" Kanals auf Port 3 führt zu Port 5;
- Eingang eines ungeraden "cross state" Kanals auf Port 3 führt zu Port 6;
- Eingang eines geraden "bar state" Kanals auf Port 4 führt zu Port 6;
- 25 Eingang eines ungeraden "cross state" Kanals auf Port 4 führt zu Port 5.

Durchlaufrichtung von rechts nach links:

- 30 Eingang eines geraden "bar state" Kanals auf Port 5 führt zu Port 3;
- Eingang eines ungeraden "cross state" Kanals auf Port 5 führt zu Port 4;

Eingang eines geraden "bar state" Kanals auf Port 6 führt zu Port 4;

Eingang eines ungeraden "cross state" Kanals auf Port 6 führt zu Port 3.

5

Aufgrund dieser Verteilung der ein- und ausgehenden Kanäle läßt sich also eine Art "Gleichrichtung" der Kanäle erzeugen, die dann in "gleichgerichtetem" Zustand einem nur gerichtet wirkenden Beeinflussungselement zugeführt werden und nach dem
10 Durchlauf durch das Beeinflussungselement wieder aufgespalten und so wieder in der ursprünglichen Ausbreitungsrichtung in die Datenübertragungsstrecke eingespeist werden.

Ein Ausführungsbeispiel für diese Art der vorübergehenden
15 "Gleichrichtung" ist in der Figur 2a gezeigt, die den prinzipiellen Aufbau eines Inline-Verstärkersystems für eine Datenübertragungsstrecke mit bidirektional abwechselnder Kanalbelegung und zwei Frequenzbändern zeigt.

20 Die Figur 2a zeigt schematisch eine optische Datenübertragungsstrecke zwischen einer ersten Seite 1 und einer zweiten Seite 2 mit einem zwischengeschalteten Interleaver 17 mit vier Ein/Ausgängen (Ports) 3-6. Die beiden Ports 3 und 4 verbinden die Seiten 1 und 2 der Datenübertragungsstrecke, während
25 die Ports 5 und 6 zu jeweils einem Bandfilter 22, 23 führen. Die eingehenden Datensignale des C-Bandes werden über den Bandfilter 22 zum mehrstufigen Verstärker 18 geleitet, während die Datensignale des L-Bandes über den Bandfilter 23 in entgegengesetzter Richtung zum mehrstufigen Verstärker 19
30 geleitet werden. Jeder mehrstufige Verstärker weist zwei EDFA Blöcke 18.1, 18.3 und 19.1, 19.3 mit dazwischen angeordneten dispersionskompensierenden Fasern (DCF) 18.2 und 19.2 auf. Rücklaufende Lichtsignale werden über Isolatoren 24, 25 un-

terdrückt. Nach ihrem gegenläufigen und separaten Durchgang durch die Verstärker 18, 19 werden die Datensignale wieder über die Bandfilter 23 und 22 zu den Ports 6 und 5 des Interleavers 17 geführt. Hier erfolgt wieder die Aufteilung der
5 einzelnen Kanäle derart, daß ihre ursprüngliche Ausbreitungsrichtung erhalten bleibt. Die Abbildungen zeigen die Bandfilter nur exemplarisch transmittierend im C-Band und reflektierend im L-Band. Es sind auch andere Konfigurationen möglich, bei denen die Bandfilter zum Beispiel einmal transmittierend
10 und einmal reflektierend arbeiten.

Der Durchlaufsinne der Kanäle durch die Faser ist in Figur 2b gezeigt. Abwechselnd gehen die geraden und ungeraden Kanäle im "cross" oder "bar" Zustand durch den Interleaver. Der obere Teil der Kanäle zählt zum C-Band, während der untere Teil der Kanäle im L-Band liegt. Sowohl im C-Band als auch im L-Band breiten sich benachbarte Kanäle gegenläufig aus. Dargestellt ist die Aufteilung der Kanäle in der Tabelle 1 in Figur 10.

20

Zu beachten ist hier, daß nur die beiden Nachbarkanäle von C- und L-Band gleichgerichtet sind. Ziel dieser Anordnung der Kanäle ist es, alle Kanäle des C- und alle Kanäle des L-Bandes für sich im jeweils gleichen Durchlaufsinne durch den
25 Verstärker des jeweiligen Bandes zu leiten. Es ist dabei vorteilhaft, wenn die Verstärker zwar für sich gleichsinnig aber relativ zueinander gegenläufig durchlaufen werden.

Die im C-Band von links einlaufenden "bar"-Kanäle gehen über
30 Port 3 nach Port 5 und die von rechts einlaufenden "cross"-Kanäle gehen über Port 4 ebenfalls nach Port 5. Damit ist erreicht, daß nunmehr alle C-Band Kanäle in die gleiche Richtung laufen. Das nachfolgende Bandfilter (kann auch durch

rechtsdrehenden Zirkulator ersetzt werden) läßt die C-Band Kanäle gerade hindurchtreten (Port 7 auf Port 8). Danach durchlaufen die C-Band Kanäle den zugehörigen Verstärker und den nachgeschalteten Isolator. Durch das Bandfilter gehen die C-Band Kanäle wieder gerade hindurch. Danach gehen die "cross"-Kanäle von Port 6 nach Port 3 über den Interleaver und die "bar"-Kanäle von Port 6 nach Port 4. Nun setzen die verstärkten Kanäle ihre Ausbreitung in der ursprünglichen Richtung weiter fort.

10

Für das L-Band treten alle Kanäle über Port 6 aus dem Interleaver heraus. Über Port 12 des Bandpaßfilters gelangen sie in den L-Band Verstärker. Danach gehen sie über Port 15 auf Port 9 und von da über Port 7 an Port 5.

15

Die Figur 3 zeigt einen ähnlichen Aufbau wie in der Figur 2a, jedoch sind hier die Bandfilter, die bei Datenraten von 40Gb/s problematisch sein können, durch Zirkulatoren 22 und 23 ersetzt.

20

Wird die Richtungszuordnung aus Tabelle 2 der Figur 10 gewählt, erhält man einen gleichsinnigen Durchlaufsinne der Datensignale durch die Verstärker 18 und 19, wie es in der Figur 4a gezeigt ist. Diese Ausführung ist allerdings nur mit Bandfiltern und nicht mit Zirkulatoren möglich. Die zugehörige Richtungsaufteilung der Kanäle ist in der Figur 4b gezeigt.

30

Beide Fälle lassen sich beliebig wählen. Dazu sind lediglich ein Kanal oder mehrere Kanäle auszulassen, und dann der Durchlaufsinne geeignet zu wählen. In der Praxis stellt dies keine Beschränkung dar, da ohnehin zwischen C- und L-Band Ka-

näle freigelassen werden, um mit Bandfiltern arbeiten zu können.

Für den Fall, daß die Bandbreite der verwendeten Interleaver
5 jeweils nur eine Band, z.B. das C- und L-Band, abdeckt, läßt
sich durch den Einsatz von je einem Interleaver pro Band ein
entsprechendes Ergebnis der Kanalausrichtung erzielen, wie es
in der Figur 5 dargestellt ist. Diese Figur zeigt, wie der
Betrieb für bidirektional abwechselnde Kanalbelegung mit ei-
10 nem Interleaver für das C-Band und einem Interleaver für das
L-Band aufgebaut werden kann. Hierfür ist es lediglich not-
wendig die beiden Bandfilter aus der Figur 2a vor die Inter-
leaver 17 zu schalten, wodurch jedem Interleaver 17 das ent-
sprechende Frequenzband zugeführt werden kann. Der Interlea-
15 ver sorgt dann je Frequenzband für die Gleichrichtung der
eingehenden Datensignale und Führung durch die Verstärker 18
und 19. Auch in dieser Ausführung der Erfindung wird gegen-
über dem Stand der Technik eine Halbierung der notwendigen
Verstärker erreicht.

20

In den Figuren 2a, 3, 4 und 5 sind jeweils Zwischenverstärker
(Inline-Verstärker) in einer Datenübertragungsstrecke ge-
zeigt, jedoch ist es auch möglich, die erfindungsgemäße An-
ordnung in einer Terminalkonfiguration, also zu Beginn einer
25 Datenübertragungsstrecke, zu verwenden. Zwei Beispiele mit
Bandfilter und Zirkulatoren sind in den Figuren 6 und 7 dar-
gestellt. Der Aufbau entspricht den Figuren 2a und 3, jedoch
ist die erste Seite 1 jeweils als Terminal mit einem Multi-
plexer TxMUX, einem Demultiplexer RxDEMUX und einem Zirkula-
30 tor dargestellt.

Erfindungsgemäß ist es auch möglich, anstelle der Verstärker
18 und 19 ein beliebiges richtungsorientiertes Beeinflus-

sungselement einzusetzen. So zeigt die Figur 8 eine beispielhafte Ausführung mit zwei dispersionskompensierenden Fasern (DCF).

- 5 Eine besonders einfache Anwendung des oben dargestellten Verfahrens ist in der Figur 9 gezeigt, die den Einsatz des Interleavers 17 zur Einsparung eines Verstärkers in einer bidirektionalen Datenübertragungsstrecke mit nur einem Frequenzband zeigt. Da lediglich ein einziges Frequenzband genutzt
10 wird und daher nur ein einziger Verstärker 18 notwendig wird, kann auf die Bandfilter oder Zirkulatoren verzichtet werden.

- In der Figur 11 ist nochmals, zum besseren Verständnis des Unterschiedes zwischen dem Stand der Technik, der herkömmliche Aufbau eines Zwischenverstärkers in einer bidirektionalen Datenübertragungsstrecke gezeigt. Ohne die Verwendung der erfindungsgemäße Interleaver ist es hier notwendig je Ausbrei-
15 tungsrichtung und je Frequenzband einen Verstärker, also insgesamt vier Zweige I-IV, auszubilden und vier Verstärker einzusetzen.
20

- Insgesamt wird also ein Verfahren und eine Vorrichtung zur frequenzbandabhängigen Aufteilung und Beeinflussung von Datensignalen eines WDM-Systems vorgestellt, das eine vorüber-
25 gehende Gleichrichtung und anschließende folgerichtige Trennung in die gegenläufigen Ausbreitungsrichtungen von an sich gegenläufigen Datensignalen durch Ausnutzung einer bidirektional abwechselnden Kanalbelegung ermöglicht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur frequenzbandabhängigen Aufteilung und frequenzbandabhängigen Beeinflussung von Datensignalen eines WDM-Systems mit einer Vielzahl an bidirektional abwechselnd propagierenden Kanälen mit mindestens einem Frequenzband zwischen einer ersten (1) und einer zweiten Seite (2), dadurch gekennzeichnet, daß alle Datensignale der Kanäle eines bestimmten Frequenzbandes von der ersten (1) und zweiten Seite (2) kommend in gleicher Richtung durch einen einzigen dem Frequenzband zugeordneten Zweig (I oder/und II)) mit mindestens einem Beeinflussungsmittel (18, 19; 20, 21) geleitet werden, wobei anschließend alle Datensignale entsprechend ihrer ursprünglichen Ausbreitungsrichtung nach der ersten (1) und zweiten Seite (2) weitergeführt werden.
2. Verfahren gemäß dem vorstehenden Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Beeinflussungsmittel (18, 19) die Intensität der Datensignale eines Frequenzbandes verstärkt.
3. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Beeinflussungsmittel (20, 21) die Dispersion eines Frequenzbandes kompensiert.
4. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufteilung der Datensignale mit Hilfe mindestens eines Interleavers (17) mit je mindestens vier Ein/Ausgängen (3-6) erfolgt.

5. Verfahren gemäß dem vorstehenden Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die eingehenden Datensignale auf zwei Frequenzbändern übertragen werden und der Interleaver (17) benachbarte Kanäle eines Frequenzbandes abwechselnd an unterschiedliche Ausgänge (3-6) ausgibt, wobei die zu den Beeinflussungsmitteln (18, 19) geführten Datensignale frequenzbandabhängig auf zwei Zweige (I oder/und II) aufgeteilt und anschließend an den Durchgang durch die Beeinflussungsmittel (18, 19) zusammengeführt werden.
6. Verfahren gemäß dem vorstehenden Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufteilung der Datensignale auf die Zweige (I, II) mit Hilfe von Bandfiltern (22, 23) erfolgt.
7. Verfahren gemäß dem vorstehenden Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufteilung der Datensignale die zu den Beeinflussungsmitteln geführt werden mit Hilfe von Zirkulatoren (22, 23) erfolgt.
8. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusammenführung anschließend an den Durchgang durch die Beeinflussungsmittel mit Hilfe von Bandfiltern (22, 23) und/oder Interleavern ausgeführt wird.
9. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusammenführung anschließend an den Durchgang durch die Beeinflussungsmittel mit Hilfe von Kopplern ausgeführt wird.

10. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß als erstes und zweites Frequenzband das C- und L-Band verwendet werden.
- 5 11. Optische Datenübertragungsstrecke mit einer Vorrichtung zur frequenzbandabhängigen Aufteilung und frequenzbandabhängigen Beeinflussung von Datensignalen eines WDM-Systems mit einer Vielzahl an bidirektional abwechselnd propagierenden Kanälen mit mindestens einem Frequenzband
- 10 zwischen einer ersten (1) und einer zweiten Seite (2), wobei je Frequenzband mindestens ein Zweig (I, II) mit mindestens einem Beeinflussungsmittel (18, 19; 20, 21) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Interleaver (17), vorzugsweise genau ein Interleaver (17), und je Frequenzband genau ein Zweig (I, II) mit mindestens einem Beeinflussungsmittel (18, 19; 20, 21) vorgesehen ist.
- 15 12. Vorrichtung gemäß dem vorstehenden Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Beeinflussungsmittel ein, vorzugsweise mehrstufiger, Verstärker (18, 19) ist.
- 20 13. Vorrichtung gemäß dem der vorstehenden Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Verstärker (18, 19) mindestens eine mit seltenen Erden, vorzugsweise mit Erbium, dotierte, Lichtleitfaser (EDFA) enthält.
- 25 14. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Beeinflussungsmittel ein dispersionskompensierendes Mittel, vorzugsweise eine dispersionskompensierende Faser (DCF) (20, 21), ist.
- 30

15. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Frequenzbänder vorgesehen sind.

5

16. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß je Frequenzband ein Interleaver (17) vorgesehen ist, wobei vor dem mindestens einen Interleaver (17) ein Mittel zur frequenzbandabhängigen Aufteilung (22, 23) der Datensignale, vorzugsweise mindestens ein Bandfilter, vorgesehen ist und die Interleaver (17) zur Ausrichtung der Kanäle vor und nach dem je einen Beeinflussungsmittel (18, 19; 20, 21) je Frequenzband dient.

10

15

17. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß für zwei Frequenzbänder genau ein Interleaver (17) vorgesehen ist, wobei nach dem Interleaver (17) ein Mittel (22, 23) zur frequenzbandabhängige Aufteilung der Datensignale, vorzugsweise mindestens ein Zirkulator oder Bandfilter, vorgesehen ist und wobei der Interleaver (17) auch zur Ausrichtung der Kanäle dient.

20

25

Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur frequenzbandabhängigen Aufteilung und Beeinflussung von Datensignalen eines WDM-Systems.

5

Die Erfindung betrifft Verfahren und eine Vorrichtung zur frequenzbandabhängigen Aufteilung und Beeinflussung von Datensignalen eines WDM-Systems, wodurch eine vorübergehende Gleichrichtung und anschließende folgerichtige Trennung in die gegenläufigen Ausbreitungsrichtungen von an sich gegenläufigen Datensignalen durch Ausnutzung einer bidirektional abwechselnden Kanalbelegung erreicht wird.

15 Figur 3

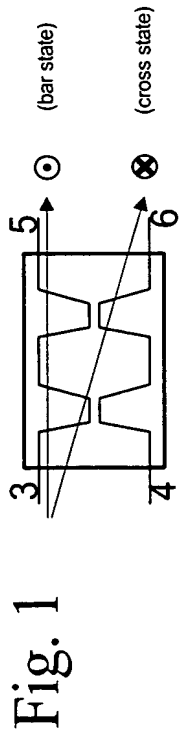


Fig. 1

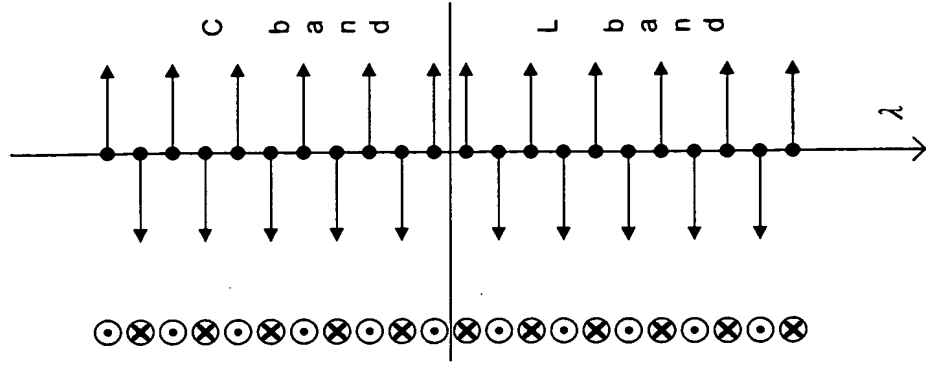


Fig. 2b

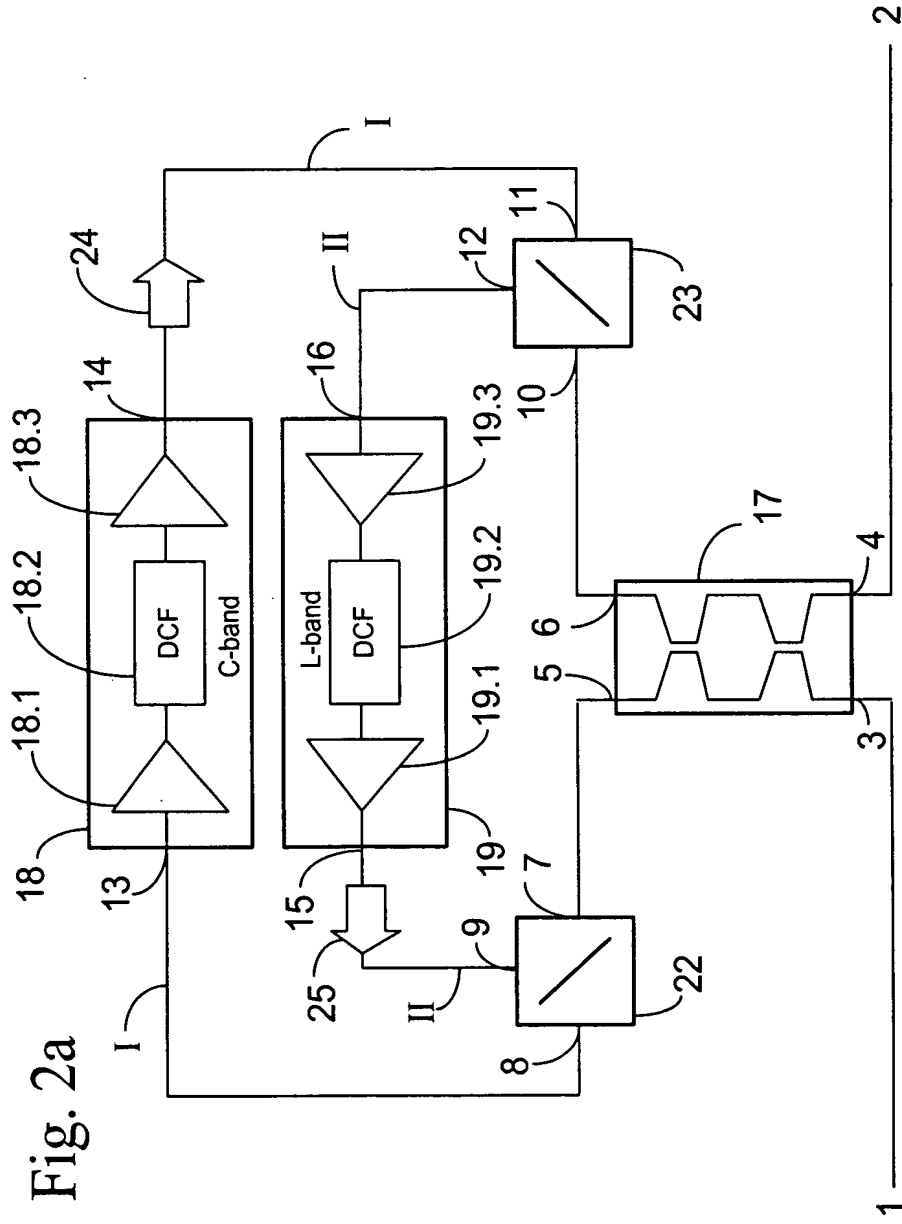


Fig. 2a

Fig. 3

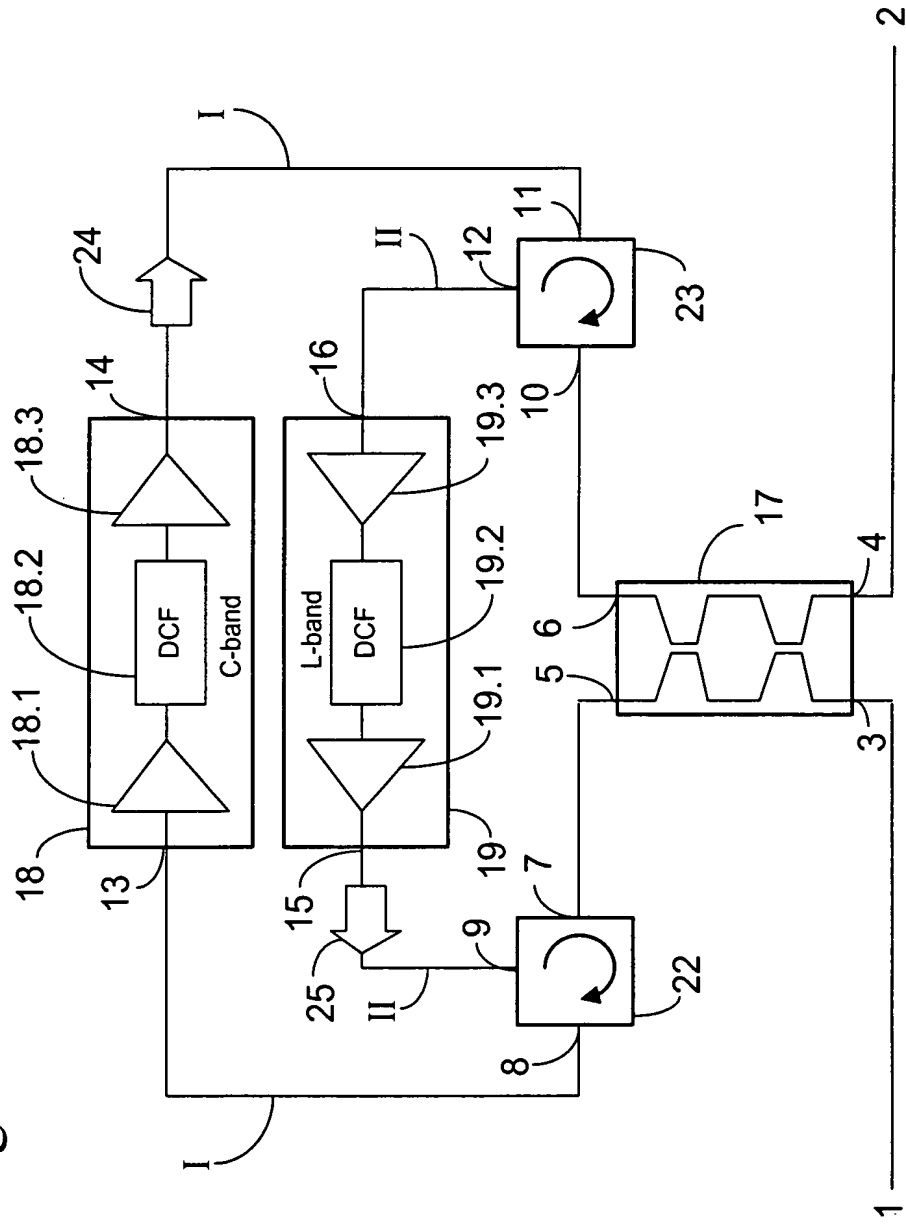


Fig. 4a

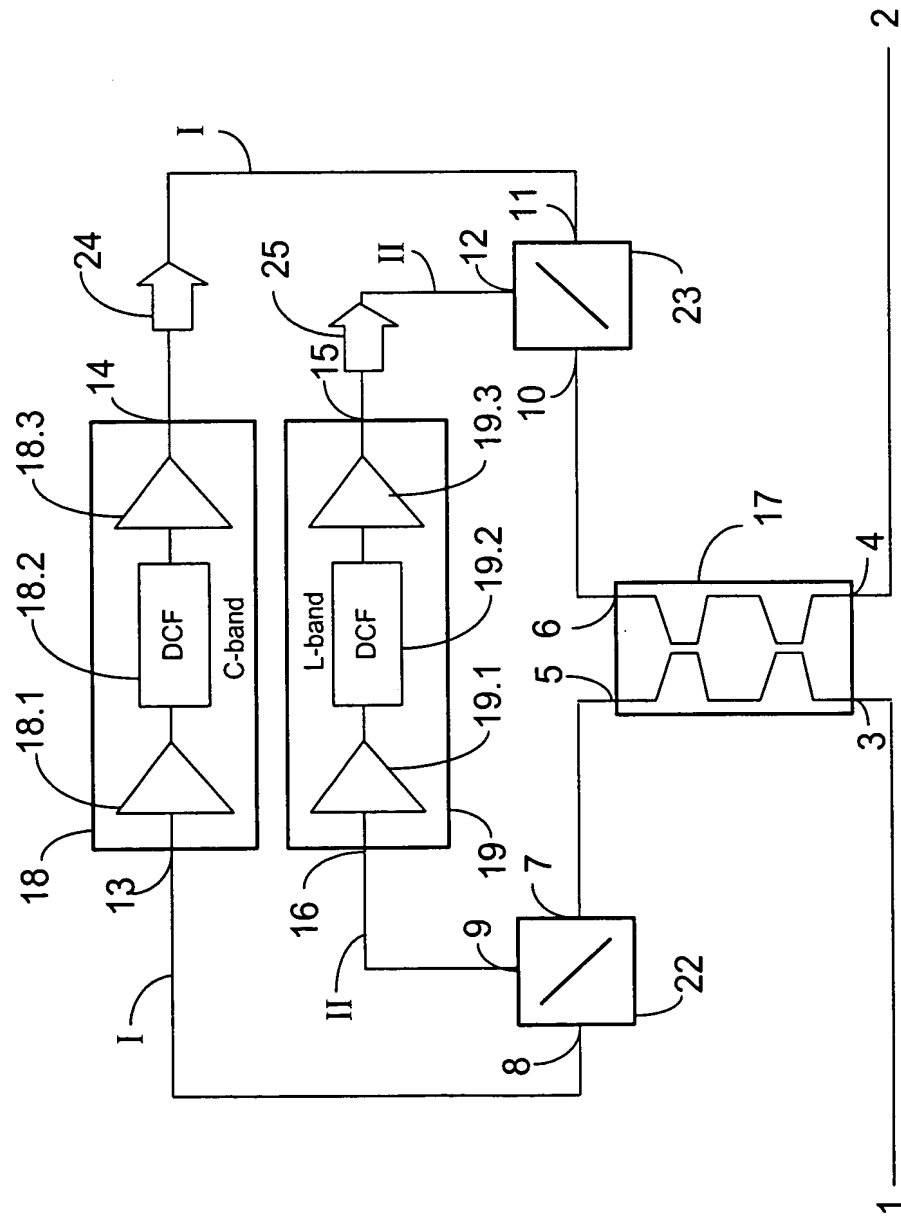


Fig. 4b

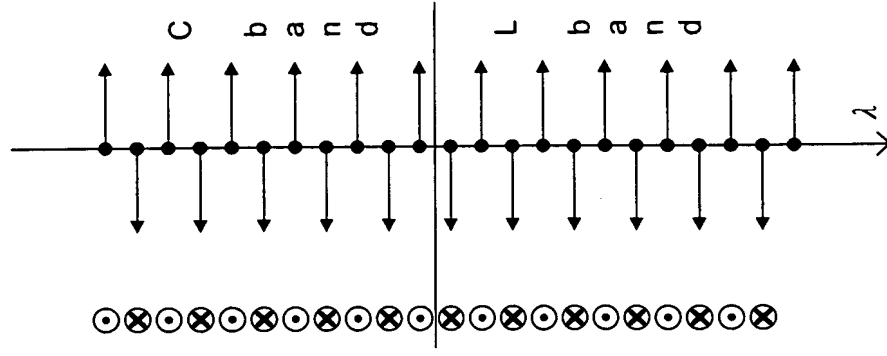


Fig. 5

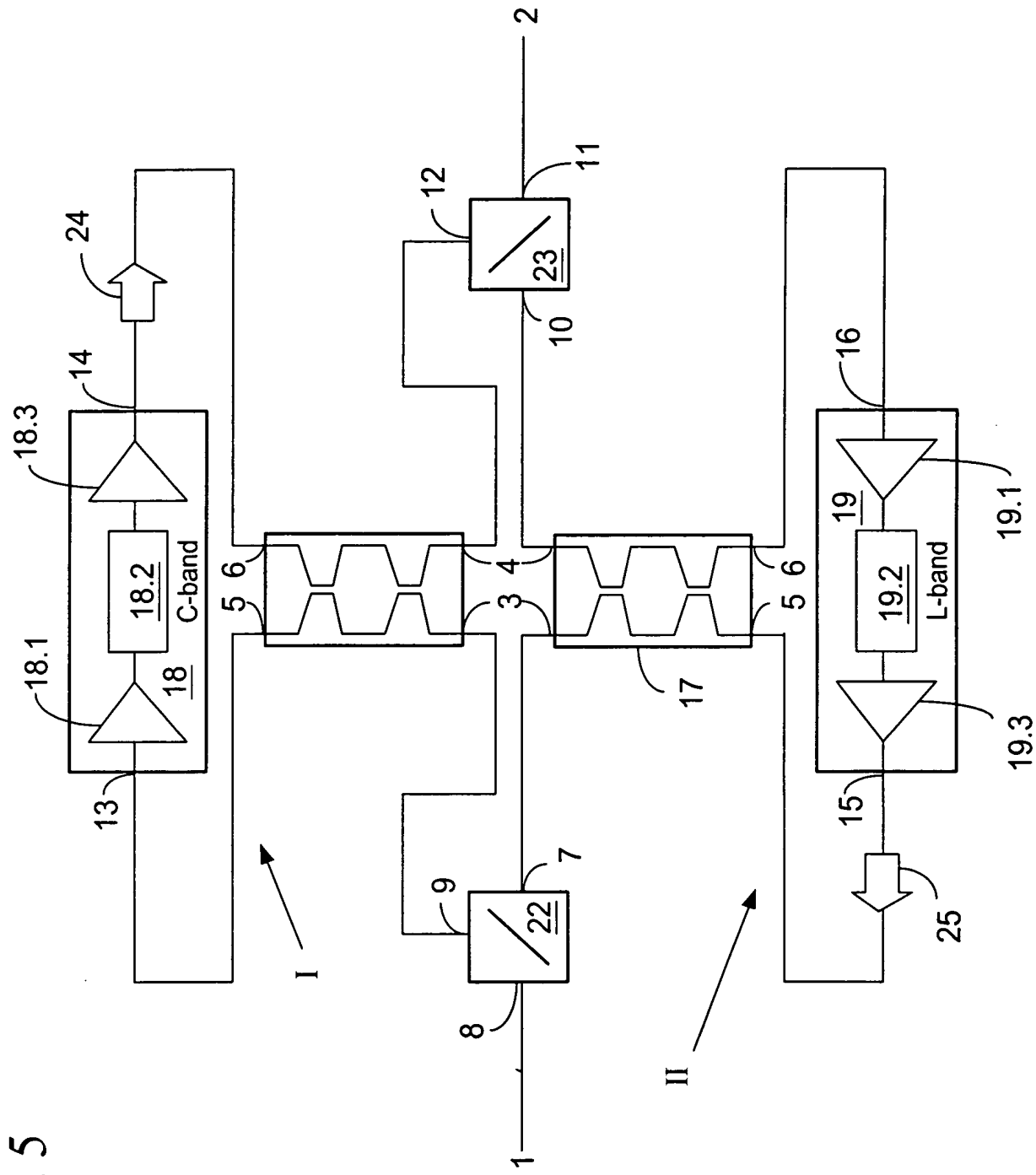
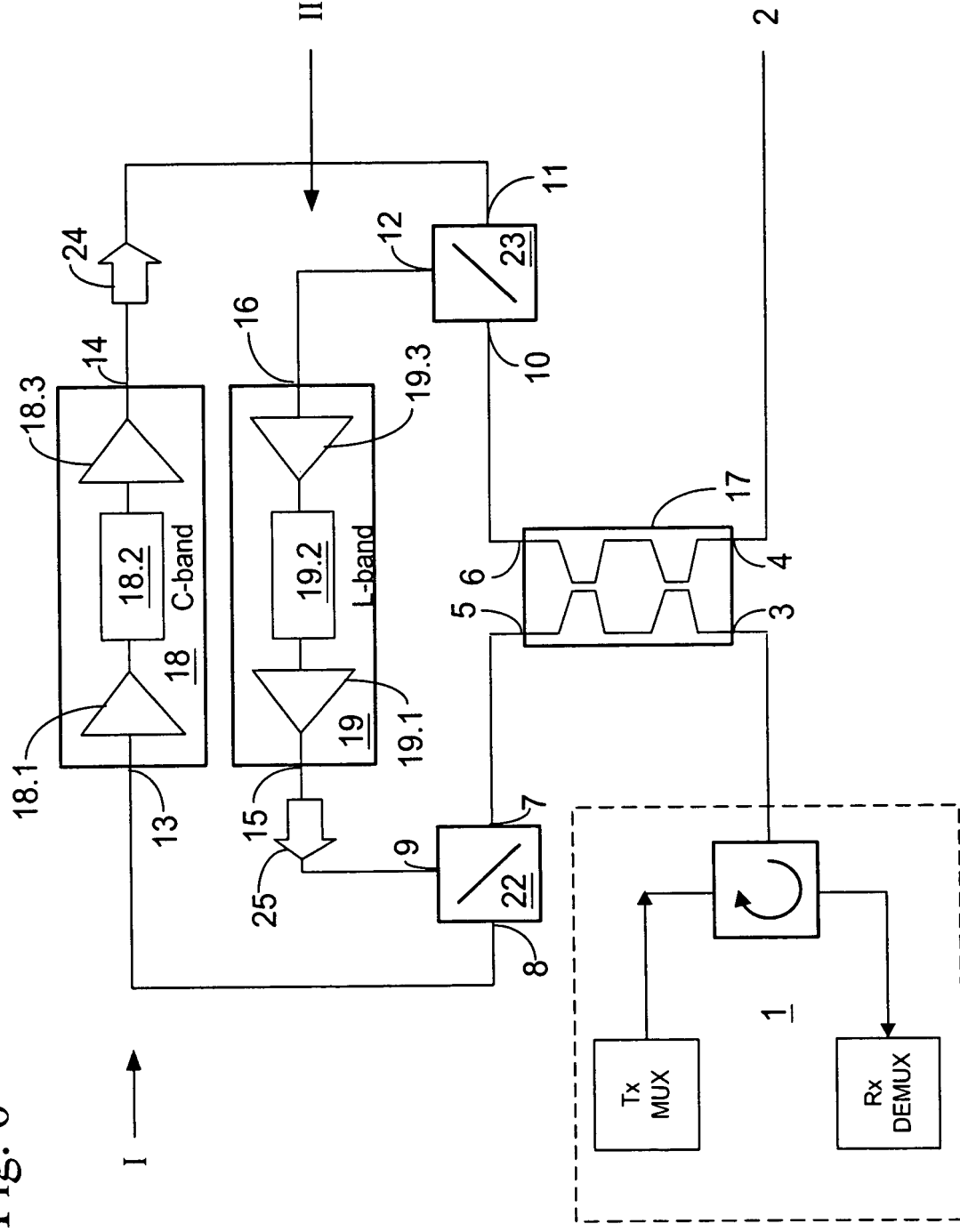


Fig. 6





Fi.∞



Fig. 9

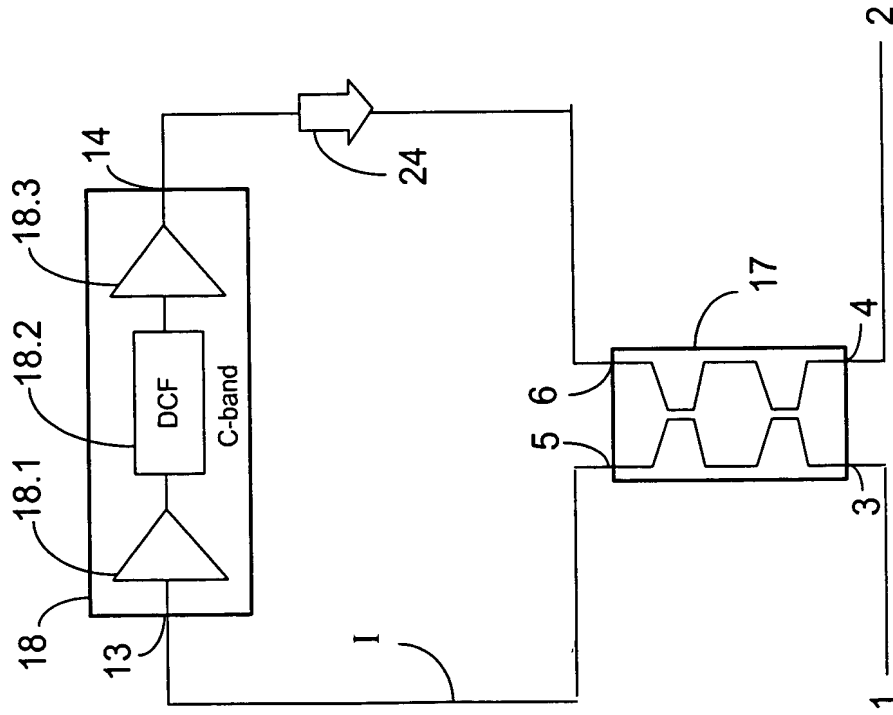


Fig. 10

Tabelle 1 Kanalzuordnung für relativ zu den Verstärkern gegenseitigen Durchlaufsim.

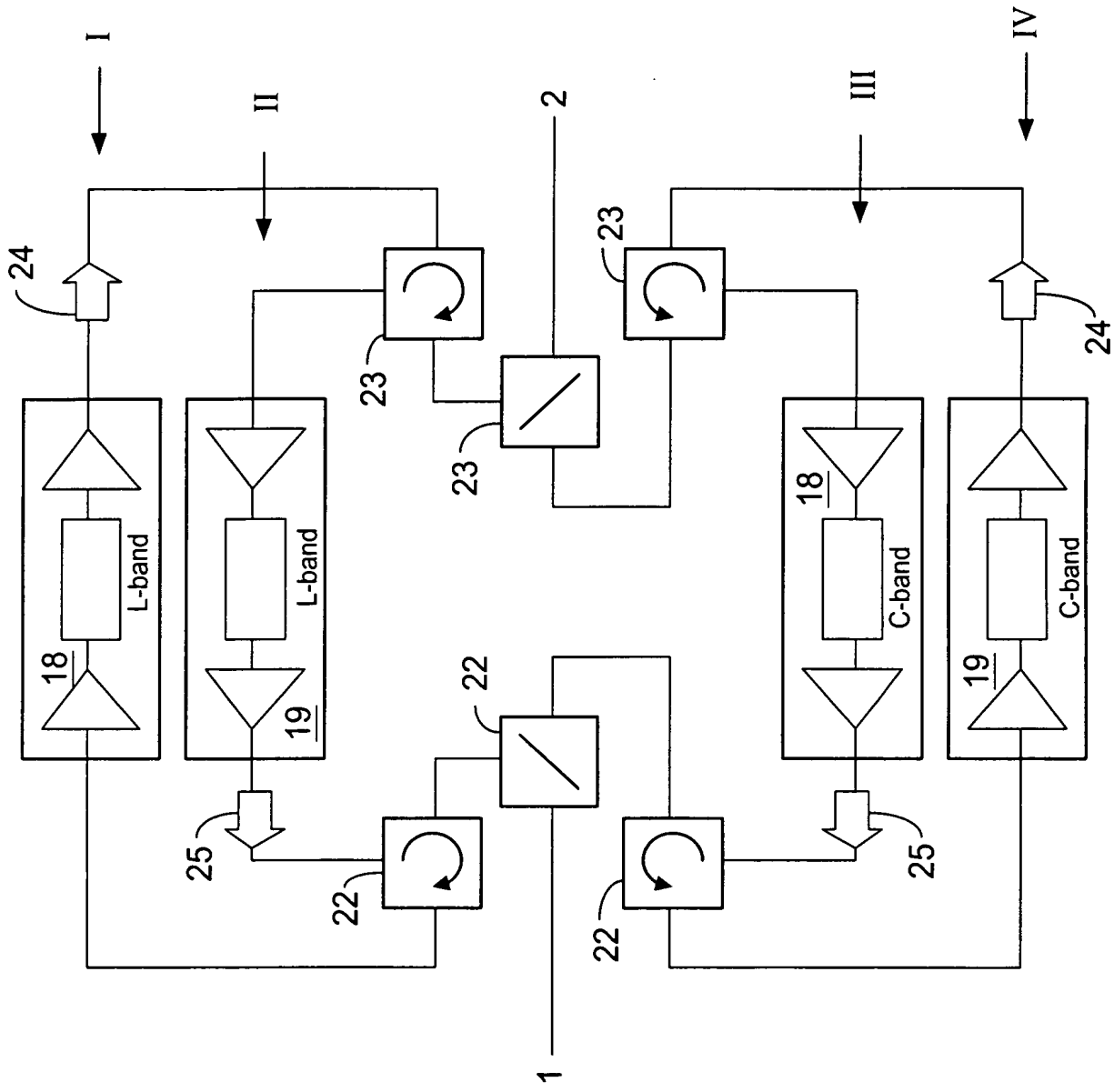
C-Band	"bar"	"cross"
Nach rechts	X	
Nach links		X
L-Band		
Nach Rechts		X
Nach Links	X	

Tabelle 2 Kanalzuordnung für relativ zu den Verstärkern gleichsinnigen Durchlaufsim.

C-Band	"bar"	"cross"
Nach rechts	X	
Nach links		X
L-Band		
Nach Rechts	X	
Nach Links		X

Fig. 11

Stand
der
Technik



This Page Blank (uspto)